

# 静かなパンタグラフを実現する



**光用 剛**  
Takeshi Mitsumoji  
鉄道力学研究部  
集電力学研究室  
主任研究員



**天野 佑基**  
Yuki Amano  
鉄道力学研究部  
集電力学研究室  
研究員



**阿部 巧**  
Takumi Abe  
鉄道力学研究部  
計算力学研究室  
研究員

## はじめに

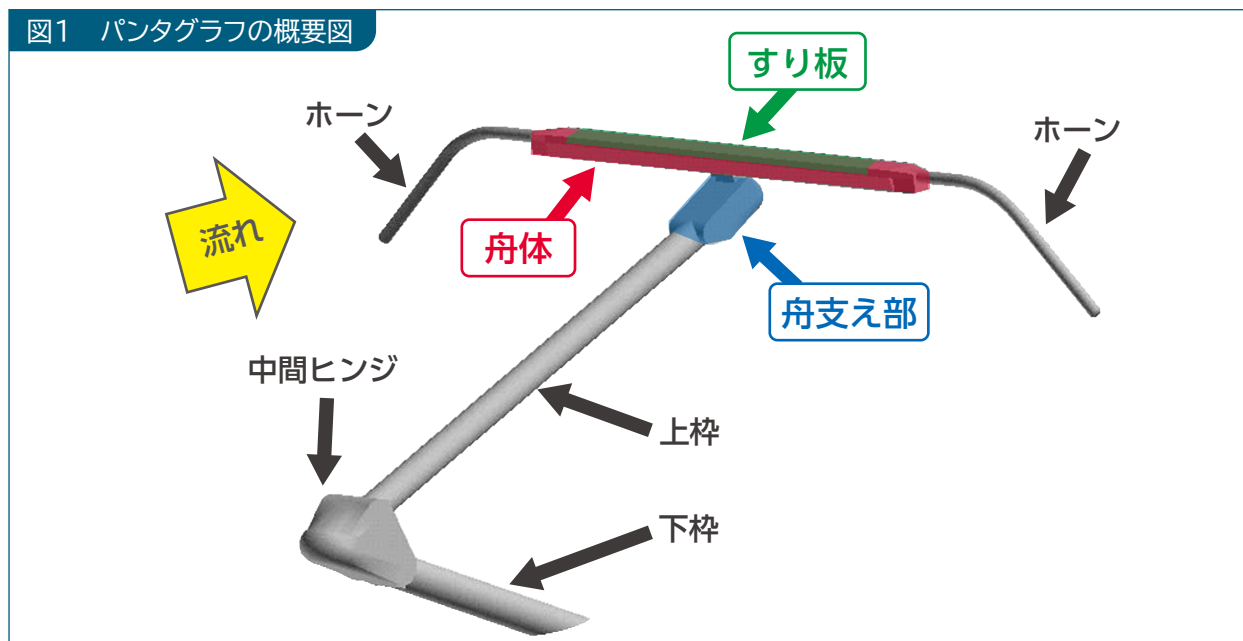
新幹線ネットワークは我が国の重要な社会基盤であり、都市間的高速・大量輸送機関としての役割を担っています。その最大の魅力は、いち早く目的地に到達できる点にあります。この魅力をさらに向上させるべく、車両、架線、軌道、信号などのさまざまな技術分野において、高速化を実現させるための技術開発が進められています。高速化において、特に重要なファクターとなるのが、静かなパンタグラフの実現です。

日本では世界的に見ても非常に厳しい環境基準が定められていることから、新幹線通過時の

沿線騒音を可能な限り小さくすることが極めて重要になります。沿線騒音のなかでも、風切り音（以下、空力音）は列車速度の6乗～8乗に比例して高速走行時に著しく増加する傾向があり、新幹線の騒音の大部分を占めています。また、高速化を行う際にはいかに空力音を増やさずに速度を上げられるかが重要となります。

新幹線車両の空力音源のなかでも、パンタグラフは台車部とならんで主要な空力音源となっていることから、パンタグラフの空力音を低減することは非常に重要です。ここでは、パンタグラフの空力音を低減し、静かなパンタグラフ

図1 パンタグラフの概要図



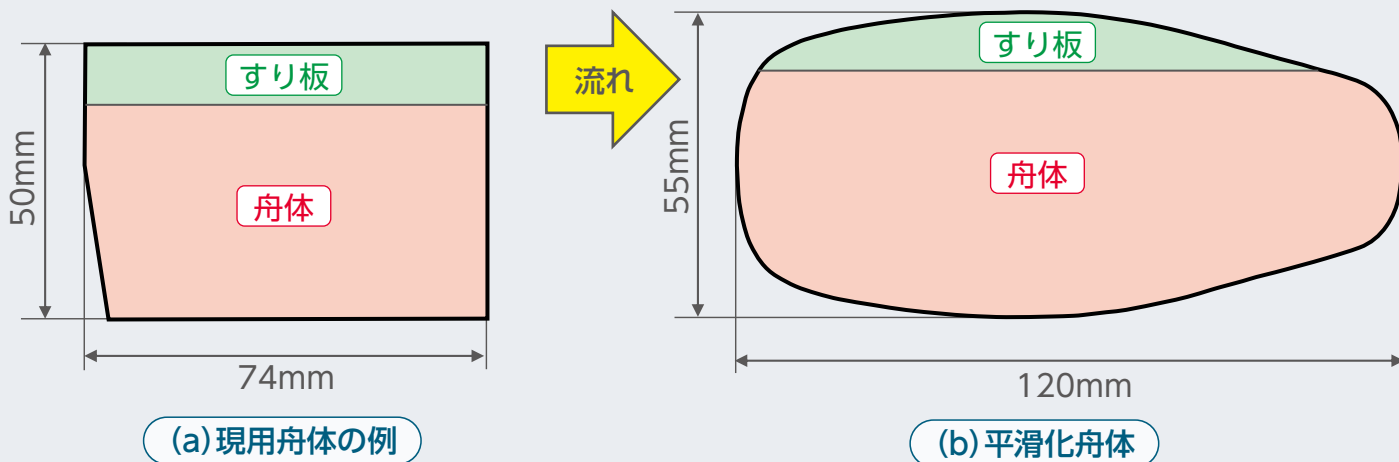


図2 舟体の断面形状

を実現するための研究成果をご紹介します。

### パンタグラフの空力音低減

パンタグラフの各部材の中でも、舟体・舟支え部(図1)は主要な空力音源であり、なおかつ、沿線の防音壁などによって遮音されにくい高さにあることから、パンタグラフの空力音低減においてはこの部位への対策が重要となります。また、架線との接触を担う舟体については、空力音低減以外にも架線への追従性<sup>☞</sup>の向上や揚力特性の安定化<sup>☞</sup>により良好な集電性能<sup>☞</sup>を確保する必要があり、これらさまざまな性能要件を両立したうえで対策を行うことが必要不可欠です。以下では、舟体・舟支え部の空力音低減策として提案した、多分割平滑化舟体、改良舟支え、および流れのバイパス手法を適用した頂点カバーの3つの対策をご紹介します。

#### 空力音低減策① 多分割平滑化舟体

一般に、空力音は物体背後に生じる渦や乱れによって発生します。そのため、舟体の空力音を低減するためには、その断面形状を翼型のような滑らかな形状にすることが有効です。しかし、この場合、対向風の風向変化やすり板摩耗による断面形状変化によって舟体の揚力特性

が敏感に変化してしまうという問題があります。そのため、現状では例えば図2(a)のような長方形に近い断面形状が採用されており、舟体表面に流れを沿わせることなく剥離させることで揚力特性を安定化していますが、空力音は大きくなってしまいう傾向があります。過去の研究では、走行方向を双方向ではなく1方向のみに固定<sup>☞</sup>したうえで、数値シミュレーションと最適化手法を組み合わせた手法により、空力音

#### ☞ 追従性

架線の動きに合わせてパンタグラフがどれだけ動作できるかを表す性能のことです。

#### ☞ 揚力特性の安定化

高速走行時にパンタグラフに作用する揚力が大きすぎると架線にダメージを与えてしまい、小さすぎると架線との良好な接触状態を維持できません。そのため、大きすぎず小さすぎず、常に適切な揚力が作用する状態を確保することを「揚力特性の安定化」とよんでいます。

#### ☞ 集電性能

架線にダメージを与えることなく、架線との良好な接触状態をどれだけ実現できるかを表す性能のことです。

#### ☞ 走行方向を双方向ではなく1方向のみに固定

パンタグラフの集電性能を向上させることで、1編成につき2台搭載されているパンタグラフのうち一方のみを使用した走行が可能になります。この際、使用するパンタグラフを折り返し駅で切り替えることで、パンタグラフの走行方向を1方向に固定することができます。

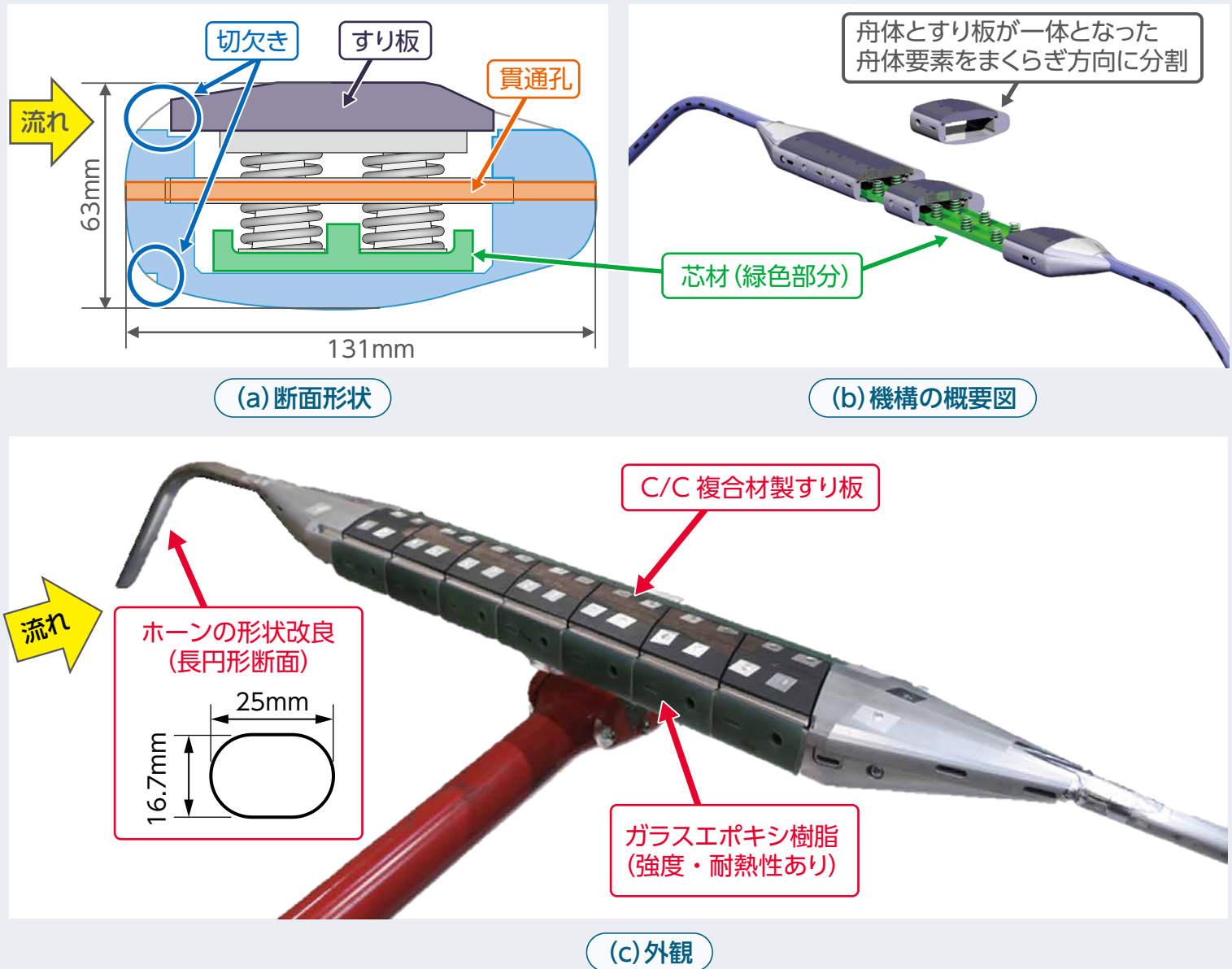


図3 多分割平滑化舟体

低減と揚力特性の安定化を両立する舟体断面形状(図2(b))が提案されています<sup>1)</sup>。ここでは、この断面形状を基本として、追従機構を実装した低騒音舟体として、多分割平滑化舟体(図3)を開発しました<sup>2)</sup>。この舟体では、すり板の製造コストを考慮して図2(b)のような曲線的な断面形状ではなく直線的な断面形状のすり板を採用するとともに、舟体の上下の前縁部を切り欠くことですり板付近の流れをうまくコントロールすることで揚力特性を調整しています(図3(a))。また、舟体には、背後の渦を抑制するための貫通孔(図3(a))を設けるとともに、舟体の両端部に設置するホーンの断面形状

を改良するといった空力音低減策もあわせて適用しています(図3(c))。舟体の追従機構としては、新たに提案した多分割舟体機構(図3(b))を採用しています。この機構では、舟体を左右方向に複数の要素に分割し、各要素において、すり板と舟体とが一体となって芯材に対して上下動作します。この機構によって、舟体の断面形状を常に一定に保つことができ、揚力特性の安定化を実現することができます。また、可動

#### ☞ C/C複合材製すり板

炭素(Carbon)の母材を炭素繊維(Carbon Fiber)で補強した材料(C/C複合材)に銅合金を含浸して導電性を確保したすり板のことです。

部となる舟体やすり板には、それぞれガラスエポキシ樹脂やC/C複合材製すり板<sup>®</sup>を使用し(図3(c))、強度や耐熱性といった舟体に必要な性能を備えつつ軽量な材料を使用しており、高い追従性を発揮できることを確認しています<sup>3)</sup>。

## 空力音低減策② 改良舟支え

舟体・舟支え部の空力音を低減するためには、舟体の形状改良だけでなく、舟体・舟支え部における流れの干渉を緩和してスムーズな流れにすることもまた重要です。図4は舟体と舟支えの位置関係を変更した場合の流れのシミュレーション結果を表しています。現用の舟体位置(図4(a))では、舟支え部周辺から強い渦が発生していることがわかります。これに対して、舟体と舟支え部の流れが相互に影響を及ぼし合わないよう舟体位置を上流側に移設した場合(図4(b))には、舟支え部周辺から発生する渦が弱まり、スムーズな流れになっている様子わかります。この知見をもとに、パンタグラフとしての機構や部材の強度などを考慮して実機の改良舟支え(図5)を開発しました<sup>2)</sup>。この改良舟支えについては、定置でのしゅう動試験などにより、集電性能や部材強度に問題がないことを確認しています。

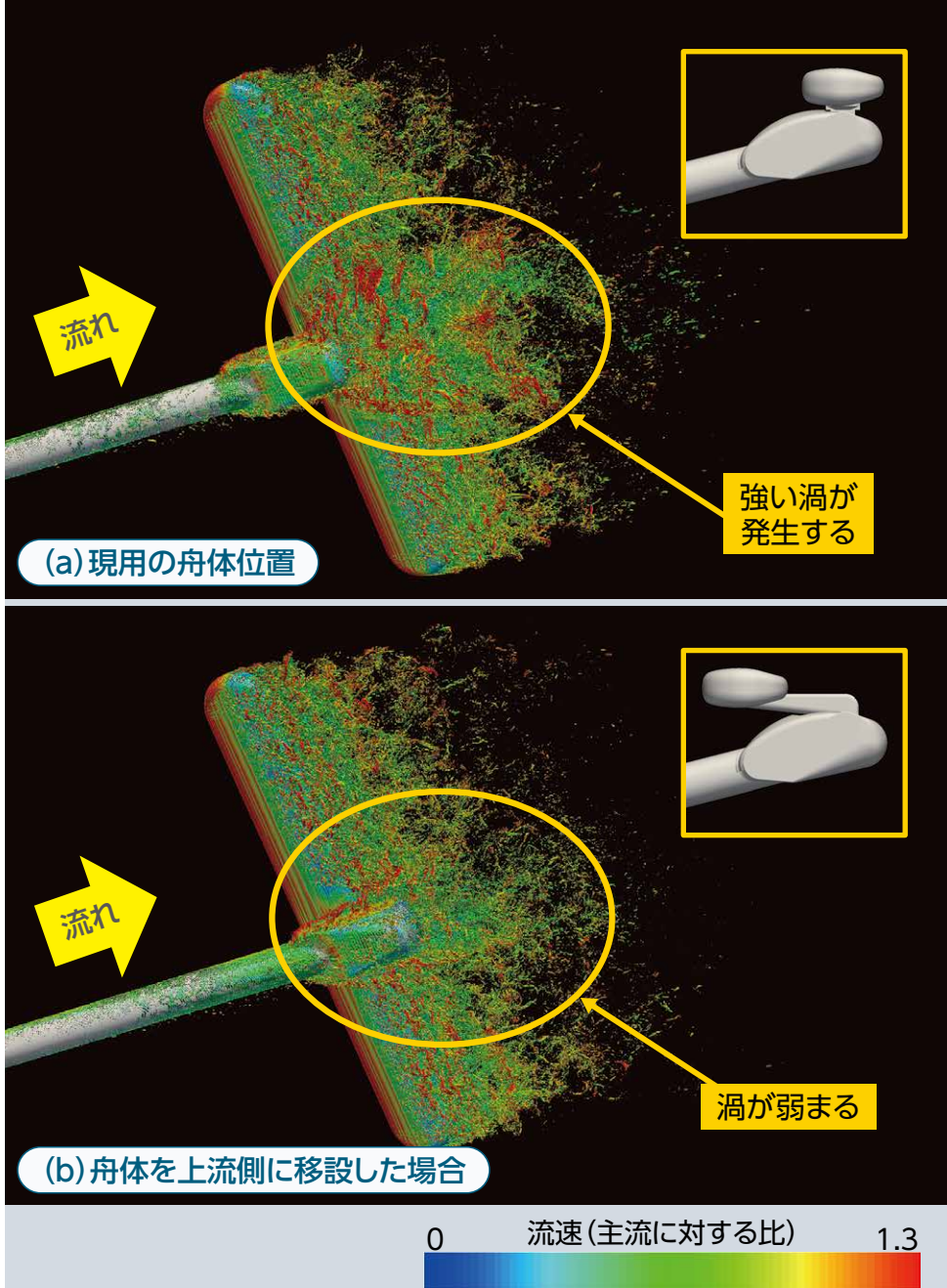


図4 舟体・舟支え部まわりの渦の構造(シミュレーション)



図5 改良舟支え

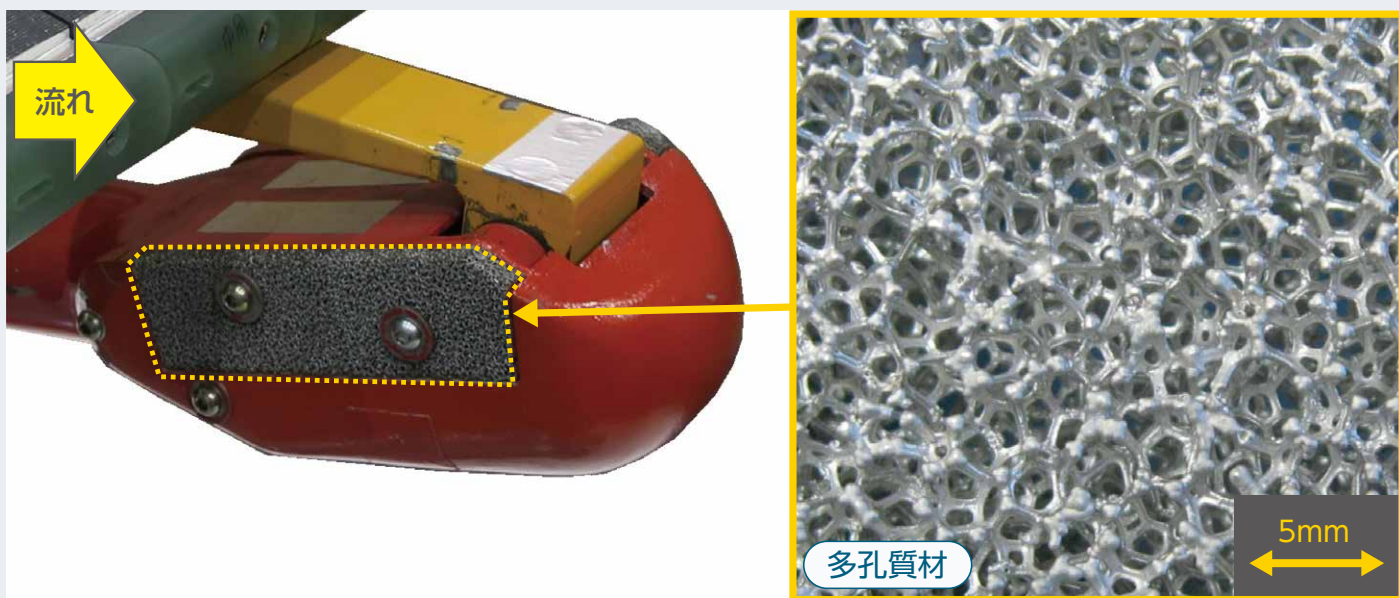


図6 金属多孔質材付き頂点カバー

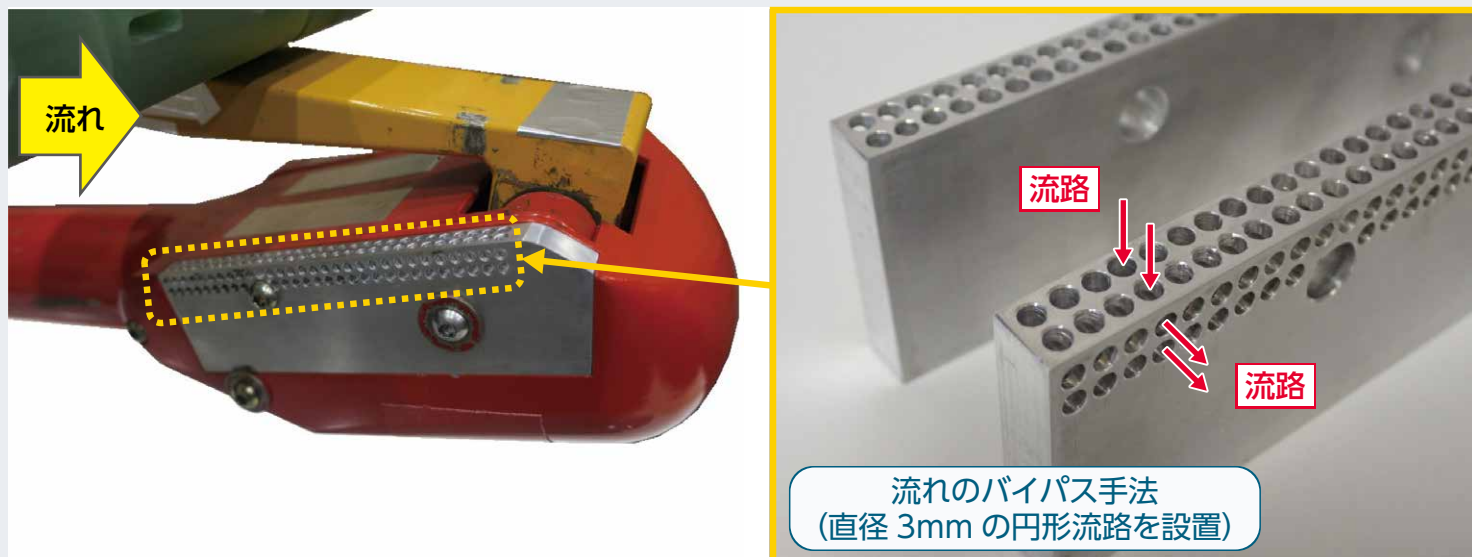
### 空力音低減策③

#### 流れのバイパス手法を適用した頂点カバー

舟体・舟支え部の流れの干渉を緩和するもう一つの手法として、過去の研究において、舟支え部を覆うカバー（頂点カバー）に金属製の多孔質材を適用する手法（図6）を提案しています<sup>2)</sup>。多孔質材とは、多数の気孔を有する部材のことであり、そのなかでも隣り合う気孔同士が繋がった構造をもつものを使用し、多孔質材表面で流れの流入・流出を生じさせることで

空力音低減効果が得られることがわかっています。こういった多孔質材に代表される部材表面の改良手法の実用化を推進するうえでは、その強度向上やメンテナンス性のさらなる向上を図ることが重要となります。そこで、多孔質材の作用を実現する新たな手法として、流れのバイパス手法を提案しました。図7に流れのバイパス手法を適用した頂点カバーを示します。この手法では、頂点カバーの稜角部（図7の点線部分）において、流れが衝突して高圧となる上面

図7 流れのバイパス手法を適用した頂点カバー



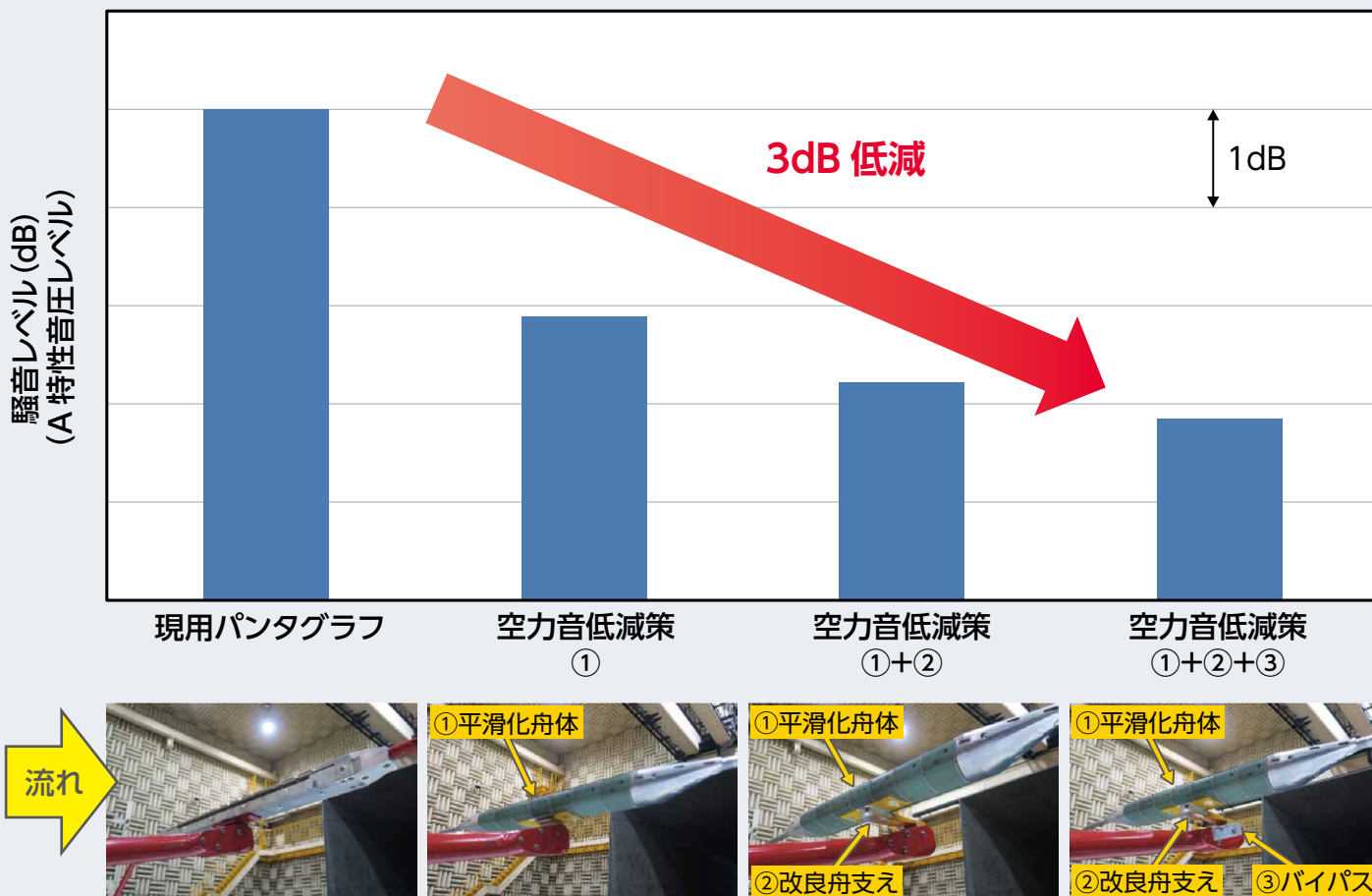


図8 空力音低減効果 (風洞試験, 風速360km/h)

側と流れが剥離して低圧となる側面側を接続する流路を設けることで、稜角部付近での自然な流れの流入・流出を生じさせる構造となっています。また、部材自体は金属製の板材で製作しており、十分な強度を有するとともに、汚損や万一の破損が生じた際にはこの部材のみを着脱することも可能であり、メンテナンス性の向上も図っています。

### 空力音低減効果

これまでに紹介した舟体・舟支え部の空力音低減策を実機パンタグラフに適用し、風洞試験で空力音低減効果を確認した結果を図8に示します。本図より、多分割平滑化舟体を適用した場合には約2dB、改良舟支えや流れのバイパス手法を適用した場合にはそれぞれ0.5dB前後の空力音低減効果が得られ、最終的に3つの空力音低減策を全て適用することで、騒音レベル

を3dB低減できることを確認しました。なお、3dB低減は空力音のエネルギーをおおよそ半分に低減できることに相当します。

### おわりに

ここではパンタグラフの空力音低減手法をご紹介しました。これらの手法は静かなパンタグラフを実現するための要素技術として活用できるものであり、新幹線の高速化を実現し、そのさらなる魅力向上に貢献できるよう、今後も開発を進めていく予定です。RRR

### 文献

- 1) 吉田和重, 鈴木昌弘, 池田充: 揚力特性および低騒音性を考慮した舟体形状最適化の基礎検討, 鉄道総研報告, Vol.19, No.9, pp.23-28, 2005
- 2) 光用剛, 白田隆之, 平川裕雅, 磯野達志, 長尾恭平, 若林雄介: 平滑化舟体と舟支え部の改良によるパンタグラフの空力音低減, 鉄道総研報告, Vol.34, No.8, pp.11-16, 2020
- 3) 白田隆之, 光用剛, 長尾恭平, 久保田喜雄, 高橋正樹, 若林雄介: 多分割平滑化舟体の定置試験と走行試験による追従性評価, 日本機械学会論文集, Vol.89, No.917, p.22-00121, 2023